

# PENGARUH PENAMBAHAN ACBFS (AIR-COOLED BLAST FURNANCE SLAG) TERHADAP PARAMETER KUAT GESER TANAH LEMPUNG

Noegroho Djarwanti

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret, e-mail: [noegrohodjarwanti@yahoo.com](mailto:noegrohodjarwanti@yahoo.com)

## Abstract

*This research is conducted based on experimental laboratory with direct shear test to investigate the influence of ACBFS on shear strength for soil stabilization. The specimens are mixtures of clay and ACBFS in three water content variations: optimum, dry side and wet side of optimums. The addition of ACBFS are as follows: 10%, 20%, 30%, 40%, 50%, 60%, 70%, 80% of total weight. The Shear Strength of soil mixtures at composition of 80% ACBFS tends to increase compared with natural shear strength. ACBFS relatively has no significant impact on the change of shear strength parameter of clay. The increase of shear strength caused by dominant physical properties of ACBFS itself is at ACBFS 70%-80%.*

## Keywords:

ACBFS, shear strength, water content

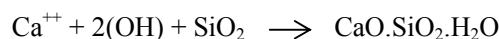
## PENDAHULUAN

Apabila suatu tanah yang terdapat di lapangan bersifat sangat lepas, mudah tertekan, mempunyai indeks konsistensi yang tidak sesuai, permeabilitas yang terlalu tinggi, atau sifat lain yang tidak diinginkan sehingga tidak sesuai untuk suatu proyek pembangunan, maka tanah tersebut harus distabilkan.

Meletakkan suatu pondasi bangunan diatas tanah lunak adalah tidak menguntungkan, karena tanah tersebut mempunyai daya dukung yang kecil.

Beberapa bentuk perbaikan tanah adalah dengan pembebanan statis maupun dinamis, perataan, drainase, menggunakan bahan-bahan campuran (semen, *fly ash*, gamping) dan lain sebagainya. Pada penelitian ini tanah yang diambil sebagai sampel adalah tanah lempung untuk ditinjau perubahan parameter kuat gesernya apabila dicampur dengan ACBFS. ACBFS merupakan limbah padat tanur tinggi pada pembuatan besi atau baja, berbentuk butiran padat dengan ukuran yang bervariasi dengan karakteristik permukaan yang kasar, padat, keras, serta kemampuan absorpsinya rendah.

Kadar komposisi limbah tanur tinggi ini mengandung  $\text{SiO}_2$  dan  $\text{CaO}$ . Sifat ini hampir sama dengan bahan-bahan tambah yang biasa digunakan untuk stabilisasi tanah seperti semen, clean set, pasir, tras dan yang lainnya yang kesemuanya merupakan bahan pozzolan. Diharapkan dengan kandungan yang dimiliki oleh ACBFS tersebut akan terjadi reaksi kimia antara ACBFS dengan mineral lempung dan mampu menghasilkan tanah yang memiliki sifat-sifat teknis yang lebih baik. Salah satu reaksi yang diharapkan terjadi adalah :



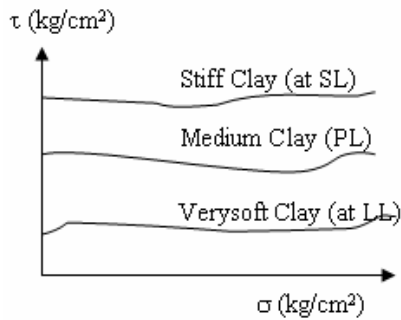
Penambahan bahan pozzolan pada deposit lempung terutama pada lempung yang mengalami perubahan volume yang besar, sehingga akan mengakibatkan perubahan ion  $\text{Ca}^{++}$  untuk mengurangi kegiatan mineral lempung tersebut. Tanah yang diperlakukan dengan cara ini dapat mengalami penurunan *Indeks Plastis (PI)* dan penyusutan dan/atau pemuaiian yang cukup berarti, tergantung pada jumlah bahan tambah yang digunakan.

Uraian seperti yang tersebut diatas yang melatar belakangi penelitian ini yaitu akan dianalisis besarnya perubahan parameter kuat geser tanah lempung dengan penambahan ACBFS.

Peningkatan kuat geser tanah dapat diadakan dengan salah satu tindakan berikut : perbaikan pengikatan antara butir-butir untuk meningkatkan kohesi antar butir-butir. Pemadatan tanah adalah metode dasar untuk stabilitas tanah. Penerapan metode lain, tanpa pengecualian selalu diikuti dengan metode pemadatan. Pemadatan memperbaiki karakteristik mekanis tanah seperti gaya geser tanah atau permeabilitasnya oleh kekurangannya ruang pori. (Sosrodarsono, 1986)

Pencampuran lempung terhadap pasir mula-mula meningkatkan nilai kerapatan kering maksimum, CBR maksimum dan daya dukung batas dimana nilai-nilai tersebut mencapai optimum pada komposisi campuran 70% pasir dan 30% lempung dengan nilai kohesi (c) sebesar  $0,324 \text{ kg/cm}^2$ , nilai sudut geser dalam sebesar ( $\phi$ )  $33,737^\circ$  dan nilai daya dukung batas ( $q_u$ ) sebesar  $16,94 \text{ kg/cm}^2$ . Nilai-

nilai tersebut berkurang dengan bertambahnya lempung. (Isnaeni, 1992)



Gambar 1. Variasi Kekuatan Geser pada lempung jenuh sesuai konsistensi (Venkantramaiah, 1993)

Kuat geser tanah lempung berbeda-beda tergantung pada konsistensinya. Kekuatan geser menjadi sangat penting ketika kadar air pada batas cair (*liquid limit*).

Tingkat kadar air yang terkandung didalam bahan tanah sangat mempengaruhi kekuatan bahan tersebut dan pada pengujian geser tampak jelas perbedaan suatu beban dalam kondisi air yang berbeda. Demikian pula tingkat kepadatan tanah sangat mempengaruhi kekuatannya dimana semakin besar berat isi kering suatu bahan, maka kekuatan gesernya akan semakin tinggi. (Sosrodarsono, 1994) ACBFS mempunyai sudut geser yang tinggi yaitu antara  $40^{\circ}$  sampai  $45^{\circ}$  dan memberikan kontribusi untuk daya dukung yang tinggi (*California Bearing Capacity* (CBR) lebih dari 100%). ([www.tfhc.gov/hnr20/recycle/waste/bfs.htm](http://www.tfhc.gov/hnr20/recycle/waste/bfs.htm)) [26 Maret 2005]

ACBFS merupakan limbah padat tanur tinggi pada pembuatan besi atau baja, berbentuk butiran padat dengan ukuran yang bervariasi dengan karakteristik permukaan yang kasar, padat, keras, serta kemampuan absorpsinya rendah. ([www.tfhc.gov/hnr20/recycle/waste/bfs.htm](http://www.tfhc.gov/hnr20/recycle/waste/bfs.htm)) [26 Maret 2005]

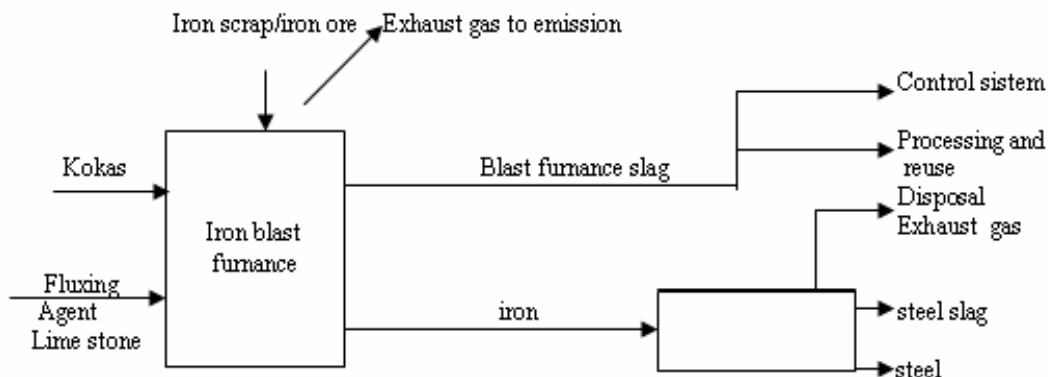
ACBFS adalah material yang dihasilkan dari pembekuan cairan *blast furnace slag* dibawah kondisi atmosfer. Selanjutnya dingin secara cepat dengan bantuan air agar permukaannya mengeras. Material ini dapat digunakan sebagai agregat dalam beton atau sebagai material urugan dan material ini tidak bersifat semen. ([www.slaggcement.org](http://www.slaggcement.org)) [25 Maret 2005]

Pemadatan merupakan usaha untuk mempertinggi kerapatan tanah dengan menggunakan energi mekanik untuk menghasilkan pemampatan partikel. Pada umumnya semakin tinggi derajat pemadatan, maka akan semakin rendah kompresibilitas tanah tersebut. Derajat kepadatan tanah diukur berdasarkan satuan kerapatan kering (*dry density*), yaitu massa partikel padat per satuan volume tanah. Besarnya berat isi kering (*dry density*) dapat didefinisikan sebagai berikut :

$$\gamma_{dry} = \frac{\gamma_{wet}}{1 + w} \dots\dots\dots [1]$$

dengan :

- $\gamma_{dry}$  = Berat isi kering ( $\text{kg/cm}^3$ )
- $\gamma_{wet}$  = Berat isi basah ( $\text{kg/cm}^3$ )
- w = kadar air (%)



(sumber: [www.tfhc.gov/hnr20/recycle/waste/bfs.htm](http://www.tfhc.gov/hnr20/recycle/waste/bfs.htm)) [26 Maret 2005]

Gambar 2. Skema umum produksi blast furnace slag

Garis angka pori nol (*zero air void line*) yang selalu berada diatas kurva pemadatan. Garis tersebut menunjukkan kerapatan kering pada kejenuhan yang maksimum ( $S_r=100\%$ ) dan dapat dihitung dengan persamaan :

$$\gamma_{ZAV} = \frac{G_s \cdot \gamma_w}{1 + w \cdot G_s} \dots\dots\dots [2]$$

dengan :

$\gamma_{ZAV}$  = Berat isi pd Zero Air Void (angka pori nol) ( $\text{kg/cm}^3$ )

$G_s$  = *Spesific Gravity*

$\gamma_w$  = Berat isi air ( $\text{kg/cm}^3$ )

$w$  = kadar air (%)

Pemadatan ini akan sulit mencapai kondisi jenuh, karena gerakan partikel yang terus mengembang akibat tekanan pori. Jika  $\gamma_d$  hasil pengujian pemadatan lebih besar dibanding  $\gamma_{zav}$ , atau dengan kata lain kurva hasil pemadatan memotong garis ZAV maka suatu kesalahan telah terjadi pada pengujian tersebut. Sehingga pengujian pemadatan harus diulang kembali untuk mendapatkan data-data yang baru.

Kuat geser tanah yang diukur di laboratorium dari jenis sampel yang sudah ditetapkan dan dikerjakan dengan cara yang sedemikian sehingga benar-benar mewakili kondisi yang ada di lapangan, yaitu tanah berbutir halus (lempung) dan cara pekerjaan yang menggunakan standar pelaksanaan percobaan sesuai ASTM.

Sedangkan teori yang digunakan untuk menjabarkan kekuatan tanah ini digunakan Teori Kekuatan Mohr yang merupakan metode paling praktis untuk penjabaran teori kekuatan geser. Teori ini menyatakan bahwa keruntuhan akan terjadi oleh akibat adanya kombinasi keadaan kritis dari tegangan normal dan tegangan geser yang

ditetapkan dengan menggunakan garis selubung kekuatan. Garis selubung kekuatan geser merupakan fungsi antara tegangan normal dan tegangan geser pada bidang runtuhnya, dinyatakan dengan persamaan :

$$\tau = f(\sigma) \dots\dots\dots [3]$$

dengan  $\tau$  adalah tegangan geser pada saat terjadinya keruntuhan atau kegagalan, dan  $\sigma$  adalah tegangan normal pada saat kondisi tersebut. Kurva dari persamaan fungsi tegangan geser dan tegangan normal ditunjukkan pada Gambar 4.

Kuat geser tanah adalah gaya perlawanan yang dilakukan oleh butir-butir tanah terhadap desakan atau tarikan. Dengan dasar pengertian ini, bila tanah mengalami pembebanan akan ditahan oleh :

1. Kohesi tanah yang tergantung dari jenis tanah dan kepadatannya, tidak tergantung dari tegangan vertikal yang bekerja pada bidang gesernya.
2. Gesekan antara butir-butir tanah yang besarnya berbanding lurus dengan tegangan vertikal pada bidang geser.

Menurut Coulomb (1773) menyatakan bahwa kekuatan geser tanah menunjukkan hubungan linier antara tegangan normal ( $\sigma$ ) dan sudut geser dalam ( $\phi$ ) dan dinyatakan dalam persamaan :

$$\tau = c + \sigma_n \tan \Phi \dots\dots\dots [4]$$

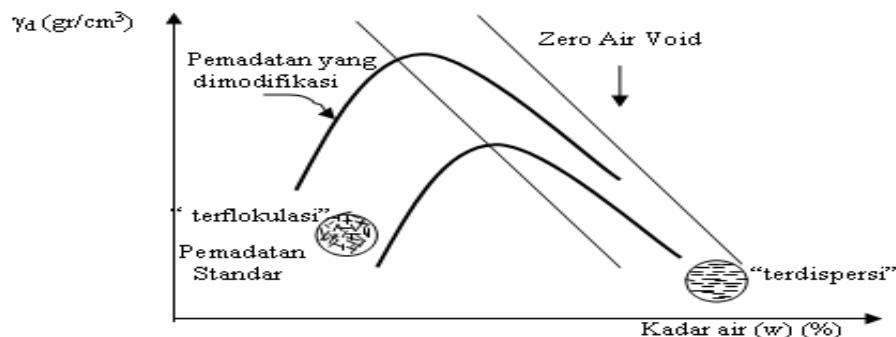
dengan :

$\tau$  = Kekuatan geser tanah ( $\text{kg/cm}^2$ )

$c$  = Kohesi tanah ( $\text{kg/cm}^2$ )

$\phi$  = sudut geser dalam tanah ( $^\circ$ )

$\sigma_n$  = tegangan normal ( $\text{kg/cm}^2$ )



Gambar 3. Kurva uji pemadatan standar dan modifikasi

## METODE

Penelitian ini dilaksanakan dalam beberapa tahap pelaksanaan sebagai berikut :

1. Uji *specific gravity* ( $G_s$ ) sesuai ASTM D-854-72
2. Uji distribusi ukuran butir tanah meliputi : analisa ayakan (*sieve analysis*) sesuai ASTM D-136-46 dan analisa hidrometer (*hydrometer analysis*) sesuai ASTM D-421-58 dan ASTM D-422-63.
3. Uji Atterberg Limit sesuai ASTM D-4318-84 meliputi batas cair/*liquid limit* (LL) dan batas Plastis/*Plastic Limit* (PL).
4. Uji Proctor Standar (Standard Proctor Test) sesuai ASTM D-698.
5. Uji Geser Langsung (Direct Shear Test) sesuai ASTM D-2045.

Dari hasil percobaan distribusi butiran tanah dan Atterberg Limit digunakan untuk klasifikasi tanah menurut ASTM D-2487 (*Unified Soil Classification System*).

Tahapan-tahapan penelitian sebagai berikut :

### Tahap I

Pengambilan tanah sampel adalah tanah terganggu (*disturbed sample*). Sampel tanah dikeringkan di udara untuk digunakan pada pengujian di laboratorium. Uji indeks properties yaitu sebagai berikut : uji berat jenis butir tanah (*specific gravity*), uji distribusi ukuran butiran tanah meliputi analisa ayakan (*sieve analysis*) dan analisa hidrometer (*hydrometer analysis*), uji Atterberg Limit (*Liquid Limit*/LL dan *Plastic Limit* /PL). Data hasil percobaan distribusi tanah dan atterberg limit digunakan untuk klasifikasi tanah menggunakan grafik Cassagrande. Uji Proctor Standar pada tanah asli tanpa campuran untuk mendapatkan nilai berat isi kering maksimum dan kadar air optimum sebagai referensi pada pengujian selanjutnya yaitu tanah asli + variasi campuran ACBFS. ACBFS yang digunakan adalah yang lolos saringan no 40 dan tertahan saringan no.200.

### Tahap II

Pengujian standar Proctor pada tiap variasi campuran lempung-ACBFS pada kadar air optimum, diatas kadar air optimum dan dibawah kadar air optimum untuk menghasilkan berat isi kering maksimum campuran dan kadar air optimum campuran, sebagai referensi pada pengujian selanjutnya yaitu pengujian Geser Langsung.

### Tahap III

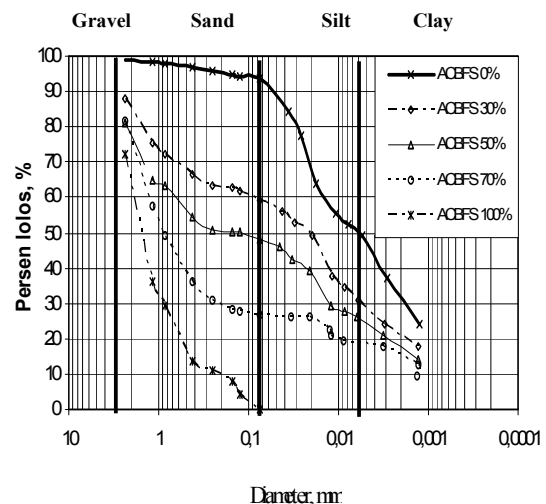
Uji Geser Langsung pada setiap variasi campuran lempung-ACBFS pada kadar air optimum, diatas optimum dan di bawah optimum. Analisis dan pembahasan dilakukan terhadap data-data hasil uji

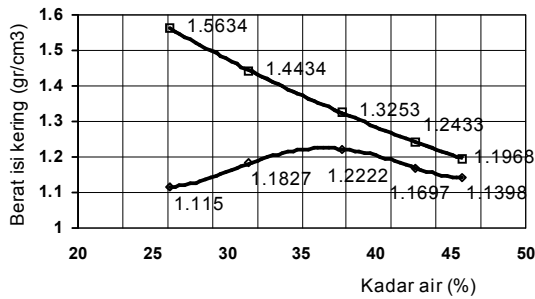
Geser Langsung pada masing-masing campuran. Penelitian ini membandingkan semua variasi yang ada, dimana pada persentase campuran tertentu akan diperoleh nilai kohesi ( $c$ ) dan nilai sudut geser dalam ( $\phi$ ) yang mengalami peningkatan yang maksimal dibandingkan dengan tanah asli tanpa campuran. Hasil tersebut akan dibuat tabel dan grafik data hasil perubahan parameter kuat geser, sebagai berikut :

- Grafik bidang keruntuhan untuk melihat perubahan kuat geser yang terjadi.
- Hubungan  $c$  (kohesi) dan % berat campuran pada tanah lempung dan ACBFS.
- Hubungan  $\phi$  (sudut geser dalam) dan % berat campuran pada tanah lempung dan ACBFS.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengujian distribusi ukuran butiran tanah campuran ditunjukkan dengan grafik pada Gambar 5.

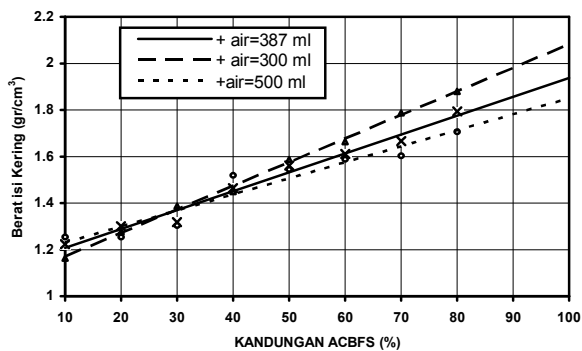




Gambar 6. Grafik Hasil Uji Pemadatan Proctor Standar Tanah asli

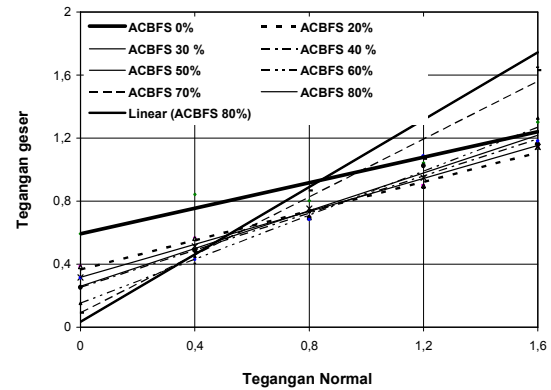
Berdasarkan uji *Standard proctor* diperoleh berat isi kering ( $\gamma_d$ ) maksimum sebesar 1,2222 gr/cm<sup>3</sup> dengan kadar air optimum sebesar 37,6433 % pada penambahan air sebesar 400 ml.

Melihat grafik pada gambar 6, ditetapkan penambahan air optimum yang menghasilkan berat isi kering maksimum adalah pada nilai 387 ml. Nilai ini sebagai referensi yang akan digunakan pada uji utama.

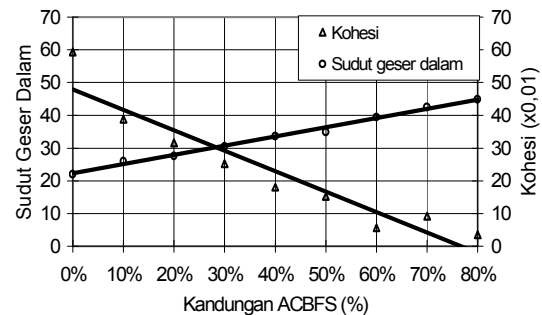


Gambar 7. Grafik Hubungan ACBFS dengan Berat Isi Kering pada 3 kondisi penambahan air

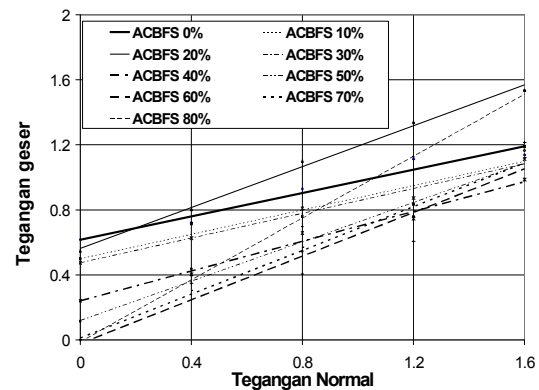
Nilai berat isi kering ( $\gamma_d$ ) dari komposisi ACBFS 0% sampai 80% makin besar, baik pada kondisi kadar air optimum maupun pada kondisi diatas dan dibawah kadar air optimum. Ini berarti bahwa dengan penambahan ACBFS mampu merapatkan butiran-butiran tanah dan mengurangi pori-pori udara sehingga tanah mempunyai tingkat kepadatan yang lebih tinggi dibanding sebelumnya. Dari tabel dan grafik yang sama kitapun dapat melihat bahwa faktor penambahan air cukup besar pengaruhnya terhadap nilai berat isi kering. Pada sisi kering dari optimum penambahan air = 300 ml) mempunyai nilai berat isi kering yang cenderung lebih besar dibanding dengan nilai berat isi kering pada sisi optimum (penambahan air = 387 ml) dan sisi basah dari optimum (penambahan air = 500 ml).



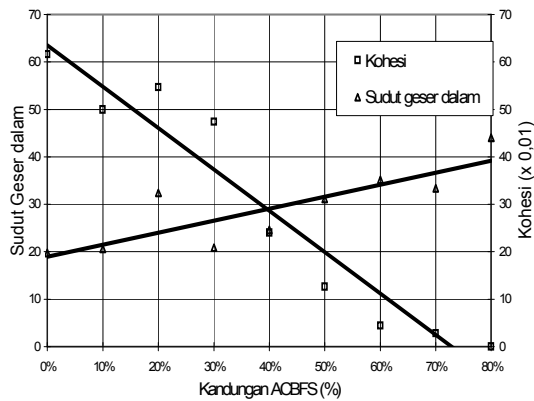
Gambar 8. Grafik Bidang keruntuhan geser hasil pengujian Direct Shear pada kondisi penambahan air optimum (387 ml)



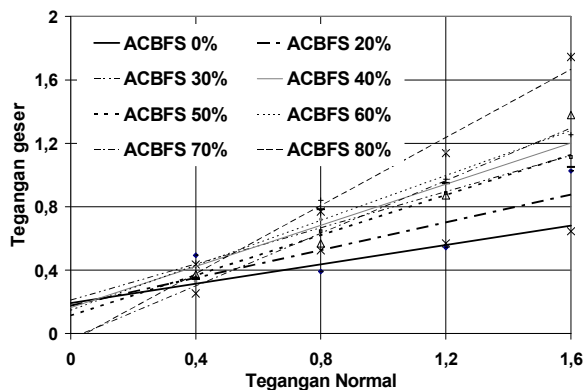
Gambar 9. Grafik Hubungan Kohesi-Sudut Geser Dalam dengan ACBFS pada penambahan air = 387 ml



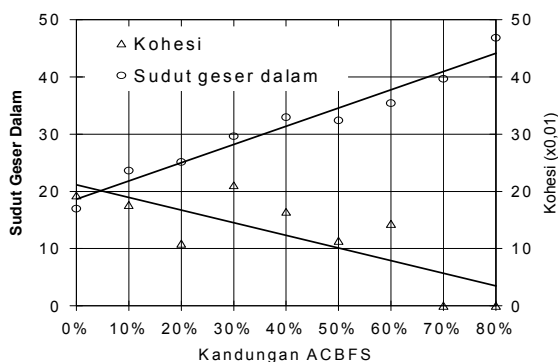
Gambar 10. Grafik Hasil Pengujian Direct Shear pada penambahan air =500 ml



Gambar 11. Grafik hubungan Kohesi-Sudut Geser Dalam dengan ACBFS pada penambahan =500 ml

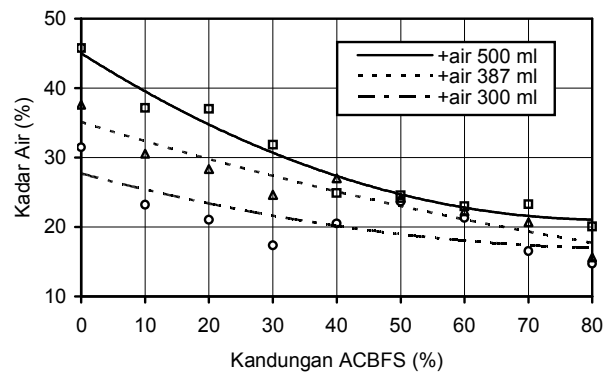


Gambar 12. Grafik Direct Shear pada penambahan air = 300 ml



Gambar 13. Grafik hubungan Kohesi-Sudut Geser Dalam dengan ACBFS pada penambahan =300 ml

Dari ketiga kondisi penambahan air tersebut diatas dapat disimpulkan bahwa Penambahan ACBFS pada tanah lempung akan meningkatkan berat isi keringnya dan meningkatkan nilai sudut geser dalamnya tapi menurunkan nilai kohesinya.



Gambar 14. Grafik Hubungan Kadar air dengan Komposisi ACBFS

Pada penelitian ini tidak diperoleh nilai optimum dari penambahan ACBFS karena dengan penambahan ACBFS berarti ada perubahan distribusi ukuran butiran tanah dari lempung yang merupakan tanah berbutir halus menjadi tanah berbutir kasar sesuai dengan banyaknya penambahan ACBFS sebagaimana ditunjukkan pada grafik Distribusi Ukuran Butiran Tanah Campuran. Maka kuat geser tanah menjadi dipengaruhi oleh gradasi butiran, bentuk permukaan butiran dan kadar air dari campuran.

## SIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan dan analisis terhadap hasil penelitian, dapat diambil kesimpulan bahwa : semakin besar kadar penambahan ACBFS dan semakin besar kandungan kadar airnya akan memperkecil nilai kohesi (C), memperbesar nilai sudut geser dalam ( $\omega$ ) serta memperbesar pula kuat gesernya.

## REFERENSI

- ASTM, 1998, "Annual Book of Standards". ASTM. Philadelphia.
- Bowles, Joseph E, 1991, "Sifat-Sifat Fisis dan Geoteknis Tanah". Jakarta. Erlangga.
- Damayanti, Retno, 1994, "Perubahan Besarnya Daya Dukung Tanah Urug Yang Diperbaiki dengan Tambahan Pasir". Surakarta. Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret.
- Dunn LS dkk, 1980, "Dasar-Dasar Analisis Geoteknis", Jakarta, Erlangga.
- Ichwani, Noer, 2005, "Perencanaan Campuran Panas Aspal Porus dengan Material Pengganti Blast Furnance Slag". Surakarta. Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret
- Isnaeni, Kurniawan Herry, 1992, "Studi Optimum Campuran Pasir Lempung", Bandung,



- Program Teknik Sipil Geoteknik Fakultas Pasca Sarjana Institut Teknologi Bandung.
- Scoot, John S, 2001, "Kamus Lengkap Teknik Sipil. Jakarta". Erlangga.
- Slag Cement Association, 2005, "Slag Cement". South west Freeway Suite 300, Sugarland. Tersedia di: ([www.slagcement.com](http://www.slagcement.com)) [26 Maret 2005]
- Sri Lestari, 1999, "Tinjauan peningkatan Parameter Kekuatan Geser Tanah Berbutir Halus Yang dipadatkan dengan Penambahan Abu Ampas Tebu (Abu Baggase)". Surakarta. Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret.
- Sosrodarsono, Suyono, 1986, "*Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi*", Jakarta, Prandya Paramita.
- Sulestiyo, Rudy, 2006, "Perubahan Parameter Kuat Geser Tanah Lempung Yang Ditambah ACBFS (Air-Cooled Blast Furnance Slag)". Surakarta. Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret.
- National Slag Association, 2005, "*Material Discription Blast Furnance Slag*", North Fair Fax Street Arlington, Virginia. Tersedia di: ([www.tfhc.gov/hnr20/recycle/waste/bfs.htm](http://www.tfhc.gov/hnr20/recycle/waste/bfs.htm)) [25 Maret 2005]
- Nugraha, Paulus, 1989, "Teknologi Beton". Surabaya. Universitas Kristen Petra.
- Venkatramaiah, 1993, "*Geotechnical Engineering*". Daryaganj New Delhi. John Wiley & Sons, Wiley Eastern Limited.
- Zoorob, Collop & Brown dalam Noer Ikhwan, 2005, "Perencanaan Campuran Panas Aspal Porus dengan Material Pengganti Blast Furnance Slag". Surakarta. Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret

